

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-275519

(43) 公開日 平成4年(1992)10月1日

(51) Int.Cl.⁵

G 02 B 26/08

識別記号

庁内整理番号

D 7820-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平3-37364

(22) 出願日

平成3年(1991)3月4日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 上野谷 拓也

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 高木 章宏

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 長岡 新二

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

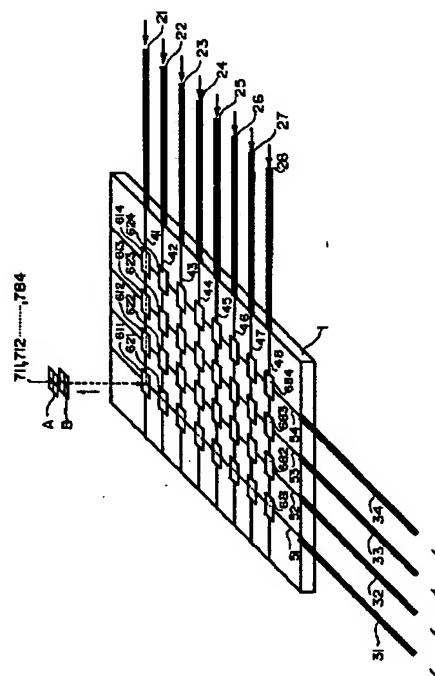
(74) 代理人 弁理士 谷 義一

(54) 【発明の名称】 光マトリックススイッチ

(57) 【要約】

【目的】 小型、低損失、低成本で、長期信頼性に優れ、かつ極めて大規模な光マトリックススイッチを提供する。

【構成】 基板1に設けたマトリックス状光導波路41～48、51～54の各マトリックス交差点にプラグ受け入れ穴611～684を設け、これら穴にパルク型光部品たる光路切替プラグ711～784を挿着する。これらプラグは圧電アクチュエータによりいずれかの光路切替状態に選択的に駆動されて、入力光ファイバ21～28と出力光ファイバ31～34との間の任意所望の光スイッチングを行うことができるようになる。パルク型光部品の利点と三次元光導波路の利点とを組合せ、かつ小形駆動源をも用いて、上記目的を達成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、該基板上に網目状に配設され、前記基板の周辺に対向した一対以上の入出力ファイバまたは入出力ファイバアレイとを切り替え接続可能な導波路型光配線と、該光配線の各交差点に設けられたプラグ受け入れ穴と、該プラグ受け入れ穴に挿着されることができ、かつ複数の光路切替状態を提供することができる光路切替プラグと、該光路切替プラグの各々をあらかじめ定めた光路切替状態に切替えるべく可動ならしめる駆動源とを具えたことを特徴とする光マトリックススイッチ。

【請求項2】 前記基板および前記入出力ファイバまたは入出力ファイバアレイの全体を屈折率調整液に浸漬することを特徴とする請求項1記載の光マトリックススイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信、光情報処理分野等の中継系および加入者系を問わずあらゆる分野において用いられる光マトリックススイッチに関し、特に多様で柔軟なネットワークを構築するための光通信回線切り替えシステムの多端子切り替え光部品（いわゆる光MDFボード）として好適な光マトリックススイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光ファイバ通信は、これまでの電気通信にくらべて高速・大容量化等が期待できるため、ここ十数年間、各国で盛んに研究され、着実に進歩・普及してきた。しかし、光通信の最大の弱点である種々の接続技術、切り替え技術または位置合わせ技術の問題が容易に解決されないため、期待したほどには普及していないのが現状である。

【0003】 なかでも、光マトリックススイッチあるいは低速の光切り替え器等は、加入者の光回線交換、光ファイバ回線の需要に応じた自在な切り替え、回線故障の際の迂回路確保、さらには多種多様なサービスに対応した柔軟な光ネットワーク実現のために、近い将来重要な役割を占めると考えられる。そこで、大規模、低コスト、低損失、かつ高性能な光マトリックススイッチの早期実現は、光加入者システムをも含めた光通信システムの拡大発展に必要不可欠であることは論を待たないところである。

【0004】 これまでの光部品の構成形態としては、主に、1) パルク型、2) ファイバ型、3) 導波路型に分類される。

【0005】 パルク型は、可動プリズムやレンズ、干渉膜フィルタ等の古典的なディスクリート光部品を構成要素として組立てられたものである。

【0006】 ファイバ型は、光ファイバや光ファイバ母材を切削、研磨、溶融着、延伸、各種専用治具作製と組

立等の加工プロセスにより組立てられるものである。

【0007】 導波路型は、半導体製造装置および写真転写技術を駆使して基板上に各種導波路をサブミクロンの高精度で一括形成するものである。将来的にはすべての光機能部品を一枚の基板上に形成するモノリシック光集積回路の形態になると見えられている。

【0008】 各組立部品の点数は上の順にしたがって少なく、位置精度も向上しており、実装の点から見ても後者になるほど好ましい。

【0009】 しかしながら、たとえモノリシック光集積回路が実現できたとしても、既に普及している光ファイバ回線網との接続は避けて通ることはできず、何らかの方法で基板上の導波路と光ファイバとを高精度に接続し、かつ低損失に切り換える必要性が当然生じて来る。

【0010】 以下に、従来の導波型光スイッチやメカニカル光スイッチ、あるいは光マトリックススイッチについて述べる。

【0011】 (1) たとえば、図7に示すように、基板上に形成された導波路181と、光ファイバアレイ182とを高精度に接続し、かつ切り換える方法としては、超精密光コネクタ183と、電気光学効果や音響光学効果を利用した方向性結合器型導波路マトリックススイッチ184との組合せによる、可動部の無い、言わばスタティックな切り換え方式が考えられる。

【0012】 しかし、この場合には、人手によってコネクタ用治具を基板に直接差し込むので、基板に相当の力がかかりことになり、信頼性上問題がある。また、一般に、光の干渉を利用してスイッチングを行う導波路型光スイッチは、本質的に波長依存性および偏波依存性を持ち、挿入損失が大きく、さらには、エネルギーの供給無しで自己保持動作とすることは容易でないため、切り換え後のクロストークが問題となる。通常、このような導波路型光スイッチのクロストークを-30dB以下とすることはむずかしく、しかも、現在のレーザ光源出力パワーの不安定性を考慮に入れると、クロストークは更に悪くなり、上記構成方法は現実的とは言えない。

【0013】 これに対して、可動部のある、言わばダイナミックなメカニカル切り換え方式は、本質的に波長依存性および偏波依存性がなく、かつ自己保持も比較的実現し易い。従って、基板上の導波路と光ファイバとを高精度に接続し、かつ切り換える方法としては、現在では、メカニカル切り換え方式が最良であると考えられる。

【0014】 (2) 図8は、文献 J. Minowa, Y. Fujii et al. "Nonblocking 8×8 Optical Matrix Switch for Fiber-Optic Communication," Electron. Lett., Vol. 16, No. 11, 1980, pp. 422-423. に記載されている(8×8)メカニカル光マトリッ

クススイッチの例である。

【0015】図8において、入力ファイバ2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408、および出力ファイバ2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418は、入出力端子（光レセプタクル）2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508、および2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518に、それぞれ、コネクタ接続されている。

【0016】入力ファイバからの出射ビームは、ロッドレンズ2601, 2602, 2603, 2605, 2606, 2607, 2608により平行光に変換される。これらの平行光は光路中に設けられた光路切り替え素子2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2721, 2722, 2723, 2724, 2725, 2726, 2727, 2728, ……, 2781, 2782, 2783, 2784, 2785, 2786, 2787, 2788に入射し、ここで光路を直角に曲げられた後、ロッドレンズ2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618に入射し、集束されて出力ファイバに結合する。例えば、入力端子2403と出力端子2415との接続の場合には、光路切り替え素子2735が光路中に設定され、実線で示す光路を通って接続されるというものである。

【0017】図8において、3000および4000は増設用入出力端子であり、上述した入出力端子2501, …, 2518と同様に構成され、各対応するロッドレンズを介して、光路切り替え素子2711, …, 2788に結合される。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上説明したように、従来の光マトリックススイッチは、レンズ、プリズム、反射ミラー等の個別の光部品を各々搭載していくという方法で組み立てられるため、各構成部品をすべて誤差1μm以下で高精度に組み立てる必要があった。また、このために作製工程が極めて複雑で長時間を要し、低損失化、低コスト化および信頼性の見地から大きな問題を有していた。このように、従来の光マトリックススイッチの欠点は、構成部品の数が極めて多いこと、およびそれらを一括形成できなかったことが主要な原因であった。

【0019】そこで、本発明の目的は、上記の欠点を解決し、光通信、光情報処理分野等の中継系および加入者系を問わずあらゆる分野において用いられる光マトリックススイッチとして利用でき、特に多様で柔軟なネットワークを構築するための光通信回線切り替えシステムの多端子切り替え光部品（光MDFボード）として好適な、小型、低損失、低コストで、長期信頼性に優れ、かつ極めて大規模な光マトリックススイッチを提供することである。

とある。

【0020】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するため、本発明は、基板と、該基板上に網目状に配設され、前記基板の周辺に対向した一对以上の入出力ファイバまたは入出力ファイバアレイとを切り替え接続可能な導波路型光配線と、該光配線の各交差点に設けられたプラグ受け入れ穴と、該プラグ受け入れ穴に挿着されることができ、かつ複数の光路切替状態を提供することができる光路切替プラグと、該光路切替プラグの各々をあらかじめ定めた光路切替状態に切替えるべく可動ならしめる駆動源とを具えたことを特徴とする。

【0021】本発明では、前記基板および前記入出力ファイバまたは入出力ファイバアレイの全体を屈折率調整液に浸漬することができる。

【0022】

【作用】本発明では、基板上に、光スイッチの大規模化にも適用でき、かつ小形、低損失、高精度に一括形成可能なマトリックス状の導波路型光配線を配置し、それらの交差点に設けられた光路切替用プラグにより光マトリックススイッチを実現する。

【0023】すなわち、波長依存性が少なく、比較的低損失で、自己保持型も可能であるというバルク型光部品の利点をもつ光路切替プラグと、フォトリソグラフィや微細加工技術を利用して高精度に形成できる利点をもつ三次元光導波路とを組合せてスイッチ切り替え部を構成し、さらに、圧電アクチュエータ等の小形駆動源を組み合わせることによって、N×Nの光マトリックススイッチを実現する。

【0024】なお、本発明では、基板と入出力ファイバとの接続点や、光路切替プラグとプラグ受け入れ穴とのすき間等には屈折率調整液を満たしたり、あるいは光マトリックススイッチ全体を屈折率調整液に浸漬することによりフレネル反射損失を極力低減することが好ましい。

【0025】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。

【0026】実施例1

40 図1は、本発明の第1実施例として、(8×4)型光マトリックススイッチの全体構成を示す図である。

【0027】図1において、1はシリコン基板、21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28は入力光ファイバまたは入力光ファイバアレイ、31, 32, 33, 34は出力光ファイバまたは出力光ファイバアレイである。基板1上には、縦横かつ等間隔に網目状に導波路型光配線、すなわち光導波路マトリックス（実際には光導波路のコア部であるが、以下では単に光導波路と云う）41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48および51, 52, 53, 54が配置されており、それ

それに入力光ファイバまたは入力光ファイバアレイ21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28および出力光ファイバまたは出力光ファイバアレイ31, 32, 33, 34と、基板1の端面において突き合わされている。

【0028】本実施例において、光導波路マトリックス41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48および51, 52, 53, 54は、石英系ガラス材料により形成された石英系光導波路であり、膜厚50μm程度のSiO₂系ガラス層に埋設された縦横寸法8μm程度のSiO₂-TiO₂系またはSiO₂-GeO₂系ガラスコア部から成る。

【0029】このような石英系光導波路は、四塩化シリコンや四塩化チタン、四塩化ゲルマニウム等の火炎加水分解反応を利用したガラス膜堆積技術と、フォトリソグラフィ・反応性イオンエッティング等による微細加工技術との公知の組合せで形成でき、それにより、サブミクロンの精度で一括形成できる。

【0030】図1において、611, 612, 613, 614, 621, 622, 623, 624、……、681, 682, 683, 684は、光導波路マトリックス41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48と51, 52, 53, 54との各マトリックス交差点近傍に設けたプラグ受け入れ穴であり、これら穴へ光路切替プラグ711, 712, 713, 714、721, 722, 723, 724、……、781, 782, 783, 784が挿入される。

【0031】各光路切替プラグ711, 712, 713, 714、721, 722, 723, 724、……、781, 782, 783, 784は、光信号をそのまま透過する透過導波路層Aと、90°方向に曲げる曲げ導波路層Bとの上下2層構造から成っており、これら2層AおよびBを圧電アクチュエータ等の小形駆動源(図示せず)により上下に選択駆動させることによって、層Aおよびいずれか一方をマトリックス交差点の光路のレベルに合わせるようにして、直進と90°偏向の2つの光路切替状態のいずれか一方を選択できるようにし、以て(8×4)のマトリックス切り替えを実現する。

【0032】これらの光路切替プラグ711, 712, 713, 714、721, 722, 723, 724、……、781, 782, 783, 784は、シリコン基板1への光導波路マトリックス41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48および51, 52, 53, 54の形成法と全く同じように、四塩化シリコン、四塩化チタン、四塩化ゲルマニウム等の火炎加水分解反応を利用したガラス膜堆積技術と、フォトリソグラフィ、反応性イオンエッティング等による微細加工技術との公知の組合せで形成できる。

【0033】本実施例における具体的な動作の一例を説明すると、例えば、入力光ファイバ21と出力光ファイ

バ31とを光学的に接続するためには、図1のプラグ受け入れ穴614, 613, 612, 611, 621, 631, 641, 651, 661, 671, 681に点線で示すように、光路切替プラグ714, 713, 712を透過状態、711を曲げ状態、721, 731, 741, 751, 761, 771, 781を透過状態とすればよい。

【0034】なお、基板1と入出力ファイバ21, …, 28, 31, …, 34との接続点や、光路切替プラグ711, …, 784とプラグ受け入れ穴611, …, 684とのすき間等には屈折率調整液を充満したり、あるいは光マトリックススイッチ全体を屈折率調整液に浸漬することによりフレネル反射損失を極力低減することが望ましい。

【0035】さらにまた、プラグ受け入れ穴611, …近傍における光導波路41, 51, …は、接続切り替え部分での位置合わせ精度の緩和およびそれによる光の低損失化向上のために、図2に示すように、各コアの端部を、テーパ状にひろげてスポット径拡大用コアとした光導波路とすることが有効である。

【0036】あるいはまた、本実施例で示した透過導波路Aと曲げ導波路Bとから成る光路切替プラグ711, …としては、図3に示すように、90°曲げのための45°ミラー付きの三角柱プロックCを設けた立方体の透明ガラスプロックD、あるいは、図4に示すように五角プリズムEを設けた立方体の透明ガラスプロックFの形態としても、同様な光マトリックススイッチを実現することができる。

【0037】実施例2

図5は、本発明の第2実施例として、(4×4)型光マトリックススイッチの全体構成を示す図である。

【0038】図5において、1はシリコン基板、21, 22, 23, 24、および25, 26, 27, 28は入力光ファイバまたは入力光ファイバアレイ、31, 32, 33, 34、および35, 36, 37, 38は出力光ファイバまたは出力光ファイバアレイである。基板1上には、縦横かつ等間隔に光導波路マトリックス41, 42, 43, 44および51, 52, 53, 54が形成されており、それぞれ入力光ファイバまたは入力光ファイバアレイ21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28および出力光ファイバまたは出力光ファイバアレイ31, 32, 33, 34と、基板1の端面において突き合わされている。

【0039】611, 612, 613, 614, 621, 622, 623, 624、631, 632, 633, 634、641, 642, 643, 644は、光導波路マトリックス41, 42, 43, 44と51, 52, 53, 54との各マトリックス交差点近傍に設けたプラグ受け入れ穴である。これら穴611, …, 644は円形をしており、かつ縦横の光導波路マトリックスに

加えて、斜め方向の光導波路マトリックス401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409および501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509により互いに結ばれている点で、第1実施例とは構造上大きく異なる。

【0040】各プラグ受け入れ穴611, …, 644には、同一の光路切替プラグ711, 712, 713, 714, 721, 722, 723, 724, 731, 732, 733, 744, 741, 742, 743, 744が挿入される。

【0041】ここで、光路切替プラグ711, …, 744は、図6に示すように、3つの導波路層G, HおよびIが多層構造に積層されて形成され、圧電アクチュエータ等の駆動源により上下方向に3つの層G, H, Iのいずれかがマトリックス交差点の光路のレベルに合うようになり、以て3つの光路切替状態を選択駆動させることによって(4×4)のマトリックス切り替えを実現するものである。図6において、層Gは、入射光をそのまま透過させるための光導波路層、層Hおよび層Iは、それぞれ、入射光を斜めまたは直角に透過させるための光導波路層である。

【0042】このようにして光路切替プラグ711, 712, 713, 714, 721, 722, 723, 724, …, 741, 742, 743, 744および斜め光導波路マトリックス401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509を配設することによって、接続すべき入力ファイバと出力ファイバとをほぼ最短経路で結ぶことができる。

【0043】例えば、入力ファイバ21と出力ファイバ31を接続する場合、第1実施例で述べた方式では、光路切替プラグ614, 613, 612を透過状態、611を曲げ状態、621, 631, 641を透過状態とし、合計7個のプラグを経て接続される。しかし、この第2実施例では、図5に点線で示すように、光路切替プラグ714を層Hの状態、723, 732を層Gの状態、741を層Hの状態とすることによって、わずか4個のプラグを経るのみで、入力ファイバ21と出力ファイバ31とを接続することができるので、交差点での接続損を大幅に低減できる。

【0044】なお、これらの光路切替プラグや光導波路マトリックスは、第1実施例について述べた形成法と全く同じように、四塩化シリコンや四塩化チタン、四塩化ゲルマニウム等の火炎加水分解反応を利用したガラス膜堆積技術と、フォトリソグラフィ・反応性イオンエッチング等による微細加工技術との公知の組合せで形成できること、もちろんある。

【0045】また、上述した上下方向に駆動可能な円形光路切替プラグに加えて、回転駆動および位置決め機構

をも兼ね備えた駆動系を適用すれば、さらに多くの形態の切り替え機能を実現することも可能である。

【0046】以上に示した本発明の実施例では、基板1としてシリコン基板を用い、光導波路として石英系単一モード光導波路を使用しているが、これは、石英系単一モード光導波路が单一モード光ファイバとの接続性に優れ、実用的な光マトリックススイッチを提供できるためであるが、本発明は石英系光導波路に限定されるものではない。例えば、石英基板、セラミック基板、金属基板、ステンレス基板等あるいはニオブ酸リチウム等の結晶性光導波路基板でもよい。

【0047】また、光路切替用プラグを移動させる駆動源ないし駆動系としては、圧電素子を利用したアクチュエータやリニア超音波モータ等を用いているが、これは、磁界の発生がなく、制御性がよく、自己保持力が大きく、かつ低コスト、小型化が期待できる等の優れた特長を持っており、自己保持型光切り換え器への適用に好適であることに依る。従って、本発明では、圧電アクチュエータや超音波モータに限定されるものではなく、上記の特長を備えた駆動系であればいかなる形態のものでも利用できること、もちろんである。

【0048】【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、波長依存性が少なく、比較的低損失で、自己保持型も可能であるというパルク型光部品の利点をもつ光路切替プラグと、フォトリソグラフィや微細加工技術を利用して高精度に形成できる利点をもつ三次元光導波路とを組合せてスイッチ切り替え部を構成し、さらに、圧電アクチュエータ等の小形駆動源を組み合わせることによって、N×Nの光マトリックススイッチを実現することができる。

【0049】その結果、本発明によれば、光通信、光情報処理分野等の中継系および加入者系を問わずあらゆる分野において用いられる光マトリックススイッチを実現でき、特に多様で柔軟なネットワークを構築するための光通信回線切り替えシステムの多端子切り替え光部品(光MDFボード)として好適な、小型、低損失、低コストで、長期信頼性に優れ、かつ極めて大規模な光マトリックススイッチを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例として、(8×4)型光マトリックススイッチの全体構成を示す斜視図である。

【図2】本発明の第1実施例の光導波路マトリックスに含まれるスポット径拡大用光導波路を説明する図である。

【図3】本発明の第1実施例の光路切替プラグと置き換えることができる45°ミラー付き透明ガラスブロックを示す斜視図である。

【図4】本発明の第1実施例の光路切替プラグと置き換えることができる五角プリズム付き透明ガラスブロック

を示す斜視図である。

【図5】本発明の第2実施例として、(4×4)型光マトリックススイッチの全体構成を示す平面図である。

【図6】本発明の第2実施例で述べた光路切替プラグの構造を示す線図である。

【図7】従来の第1の構成例を示す斜視図である。

【図8】従来の第2の構成例を示す平面図である。

【符号の説明】

1 シリコン基板

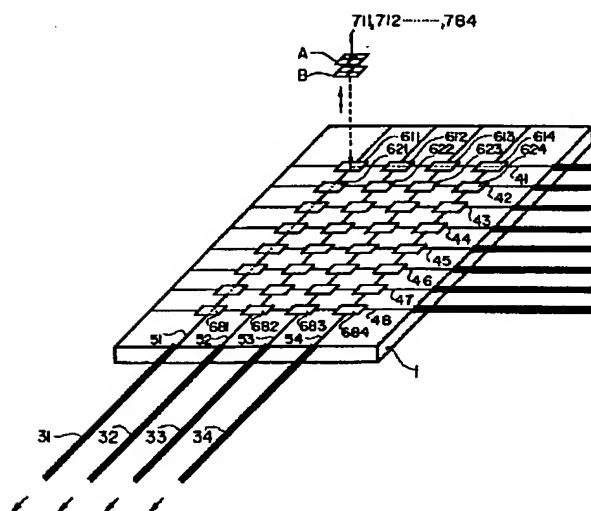
21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 入 10
カ光ファイバまたは入力光ファイバアレイ

31, 32, 33, 34 出力光ファイバまたは出力光
ファイバアレイ

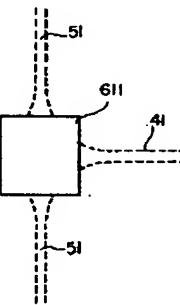
41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 5
1, 52, 53, 54光導波路マトリックス
401, 402, 403, 404, 405, 406, 4
07, 408, 409, 501, 502, 503, 50
4, 505, 506, 507, 508, 509光導波路
マトリックス

611, 612, 613, 614, 621, 622, 6
23, 624, ……, 681, 682, 683, 684
光路切替プラグ受け入れ穴
711, 712, 713, 714, 721, 722, 7
23, 724, ……, 741, 742, 743, 744
光路切替プラグ

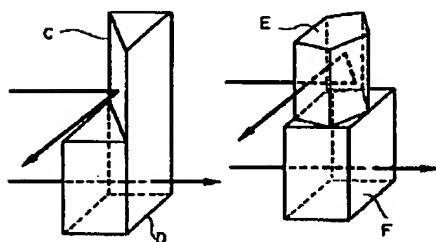
【図1】



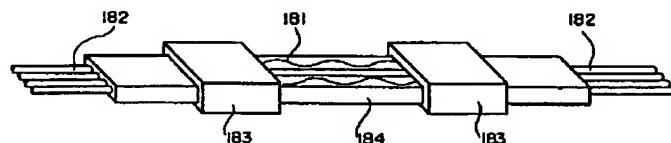
【図2】



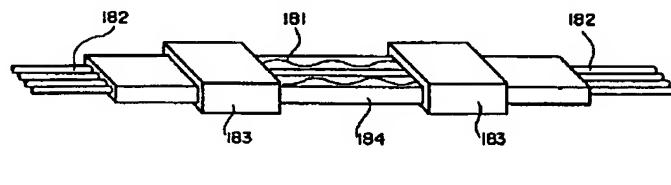
【図3】



【図4】

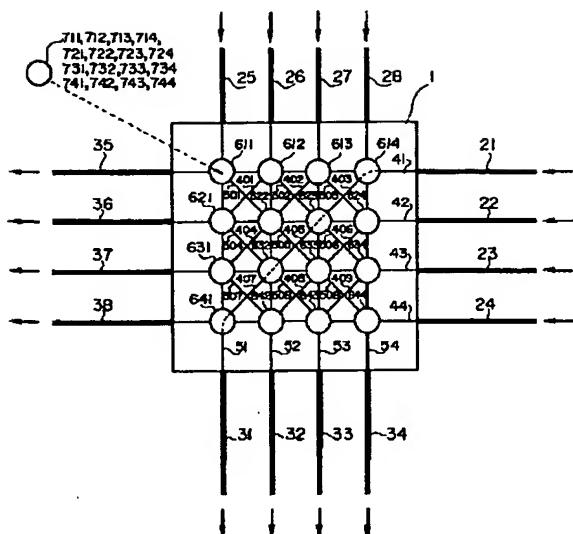


【図7】

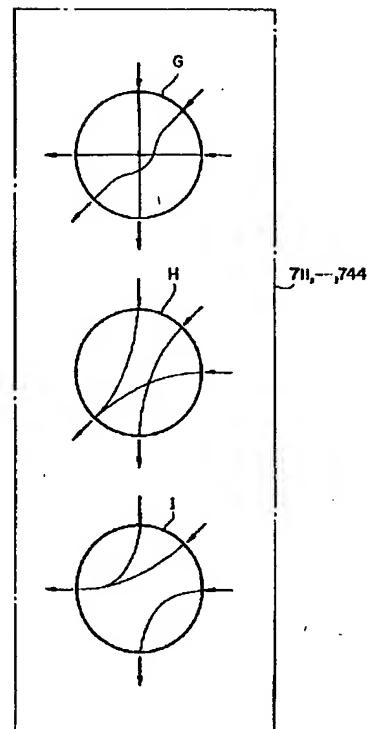


BEST AVAILABLE COPY

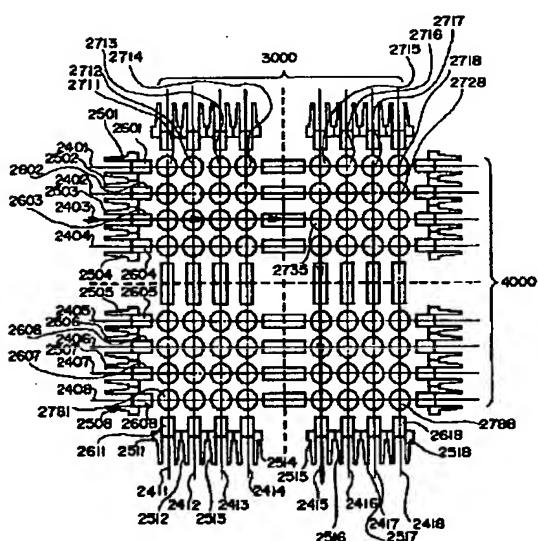
[図5]



【図6】



[图8]



BEST AVAILABLE COPY